UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

TROIS MODÈLES DE DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN POUR LES JEUNES À TORONTO

par

Louis-Philippe Lecomte

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

MÉMOIRE D'ÉTUDIANT

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

TROIS MODÈLES DE DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN POUR LES JEUNES À TORONTO

par

Louis-Philippe Lecomte

Mémoire de maîtrise, département de sciences économiques, dirigé par Marc Gaudry

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #255

Novembre 1981

Dépôt légal - 2e trimestre 1982

TABLE DES MATIERES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	iv
RESUME	v
INTRODUCTION	1
I. POSITION DU PROBLEME	3
II. LE MODELE	6
III. PROCESSUS D'ESTIMATION	8
IV. LES DONNEES	11
a) Variables dépendantes	11
b) Variables de prix et de revenu	11
c) Variables de confort et de service	12
d) Variables d'activité	13
e) Variables d'agrégation	14
f) Variables auxiliaires	14
V. LES RESULTATS	15
Commentaires généraux sur les résultats	15
a) Taille, signe et signification des coefficients	15
b) Le R^2 et le R^2 intuitif	16
c) La multicolinéarité	17

Page

Remarques sur les classes de variables 21
a) Variables de prix et de revenu 21
b) Variables de service 22
c) Variables de confort 23
d) Variables d'activité 24

CONCLUSION 25

ANNEXES 27

BIBLIOGRAPHIE 29

REMERCIEMENTS 30

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1	Coefficients et Student pour le marché des jeunes . . .	18
Tableau 2	Coefficients et Student pour le marché des enfants . . .	19
Tableau 3	Coefficients et Student pour le marché des écoliers . .	20
Tableau 4	Elasticité des variables de prix et de revenu	21
Tableau 5	Elasticité des variables de service	22
Tableau 6	Elasticité des variables de confort	23
Tableau 7	Elasticité des variables d'activité	24

RESUME

Cette étude a pour objet d'estimer la demande de transport en commun à Toronto pour les enfants et les écoliers.

Nous avons fait appel à un modèle de demande de transport direct proposé par Ruiter à partir de séries temporelles mensuelles correspondant à la période : janvier 1956 à août 1979. De plus, nous avons utilisé la technique de Cochrane-Orcutt pour estimer la valeur des paramètres dont les erreurs sont correlées.

Les nombreuses variables auxquelles nous faisons appel se justifient d'un point de vue théorique; un grand nombre pourtant sont peu significatives et n'influencent pas la demande de transport.

Les résultats démontrent que les coefficients estimés ont la valeur recherchée; cependant, parmi ceux dont le signe n'a pas été obtenu, aucun n'est significatif, à l'exception d'une seule variable. On remarque également que les variables ont les élasticités auxquelles nous nous attendions et l'élasticité est plus élevée - en général - sur le marché des écoliers que sur le marché des enfants. Enfin, on note que chaque marché est affecté différemment par les divers groupes de variables.

INTRODUCTION

Le but de ce rapport est d'analyser la demande de transport en commun pour les enfants et les écoliers dans la région métropolitaine de Toronto.

Parmi les modèles de formulation directe, on note plusieurs études visant à estimer la demande de transport. On remarque notamment les travaux de Domencich, Kraft et Valette (1968) pour la ville de Boston; Fairhurst et Morris (1975) pour la ville de Londres; Huang (1973) pour Edmonton et Gaudry (1975) pour le cas de Montréal. La majorité de ces études font appel à des données annuelles et n'utilisent que peu de variables explicatives à l'exception toutefois de Gaudry[1] dans son étude sur la demande de transport en commun à Montréal (modèle DEMTEC) qui fait appel à des données mensuelles pour une période qui va de décembre 1956 à décembre 1972 et qui utilise de nombreuses variables (25 à 28 selon le modèle).

Dans notre étude, nous analyserons la demande de transport en commun à Toronto à partir du modèle DEMTEC. Ainsi, nous ferons appel à de nombreuses variables (23 ou 24 selon le marché) et dont l'étude couvrira la période de janvier 1956 à août 1979 (données mensuelles).

Dans un premier temps, nous allons faire une revue de la littérature pour ensuite définir le modèle que nous avons choisi et spécifier

---

[1] Gaudry, Transportation Research, Vol. 9, 1975.

la relation qui existe entre les diverses variables. Puis, nous expliquerons chaque groupe de variables qui sont de nature à influencer la demande de transport chez les enfants et les écoliers. Enfin, nous présenterons et analyserons les résultats obtenus pour l'estimation de la demande de transport.

I. POSITION DU PROBLEME

La demande de transport en milieu urbain peut être exprimée de plusieurs façons. Parmi les modèles directs (c'est-à-dire des modèles qui expliquent à la fois les activités pour lesquelles les gens se déplacent et la répartition par mode de transport), il existe deux façons de formuler la demande. Il s'agit notamment des modèles qui utilisent des séries en coupe instantanée comme l'ont fait Domencich, Kraft et Valette (1968) pour expliquer la demande de transport à Boston; il s'agit également des modèles en séries chronologiques tels que développés par Ruiter en 1973.

Domencich, Kraft et Valette[1] ont tenté d'expliquer la demande de transport à partir du nombre de trajets entre une origine i et une destination j dans un but P_o et par un mode M_o. Pour ce faire, les auteurs ont tenu compte de diverses variables socio-économiques, du coût ... On peut formuler leur modèle de la façon suivante :

$$N\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right) = \phi\Big[\underline{S}\left(i\middle|P_o\right)\,\underline{A}\left(j\middle|P_o\right)\,\underline{T}\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right)\,\underline{C}\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right)\,\underline{T}\left(i,j,i\middle|P_o,M_a\right)\,\underline{C}\left(i,j,i\middle|P_o,M_a\right)\Big]$$

[1] Domencich, Kraft, Valette, Highway Research Record # 238, pp. 64-78, 1968.

où $\underline{N}\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right)$ = nombre de trajets entre une origine i et une destination j dans un but P_o par un mode M_o

$\underline{S}\left(i\middle|P_o\right)$ = vecteur des caractéristiques socio-économiques dans un but P_o pour des voyageurs résidant dans la zone i

$\underline{A}\left(j\middle|P_o\right)$ = vecteur des caractéristiques socio-économiques et d'utilisation du sol pour un niveau d'activité approprié dans un but P_o pour la zone j

$\underline{T}\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right)$ = vecteur des composantes du temps de transport entre une origine i et une destination j dans un but P_o par un mode M_o

$\underline{C}\left(i,j,i\middle|P_o,M_o\right)$ = vecteur des composantes du coût de transport entre une origine i et une destination j dans un but P_o par un mode M_o

$\underline{T}\left(i,j,i\middle|P_o,M_\alpha\right)$ = vecteur des composantes du temps de transport entre i et j dans un but P_o pour chacun des modes alternatifs ($\alpha = 1,\ldots,n$)

$\underline{C}\left(i,j,i\middle|P_o,M_\alpha\right)$ = vecteur des composantes du coût de transport entre i et j dans un but P_o pour chacun des modes alternatifs ($\alpha = 1,\ldots,n$)

Ruiter[1] explique, par contre, la demande de transport à partir du nombre total de voyages pour un mode particulier. Là encore, on tiendra compte de diverses variables socio-économiques ... Le modèle peut s'écrire :

$$Q_k^o = D_k(P,Y,W,A,B)$$

où Q_k^o = nombre total de voyages pour un mode particulier k

P = prix du transport

Y = niveau de revenu

W = niveau des activités

A = utilisation du transport par niveau d'activité

B = caractéristiques reliées à chaque activité.

---

[1]Ruiter, Highway Research Board, Special Report, # 143, pp. 178-206, 1973.

II. LE MODELE

Dans notre cas, nous avons estimé la demande de transport à partir de séries chronologiques et notre modèle s'apparente donc à celui de Ruiter. La demande de transport se présente sous la forme :

$$Y_t^d = f\left[P_t, Y_t, S_t, C_t, A_t, \text{ETC}.....\right] \qquad (1)$$

La variable dépendante est affectée par les variables de prix (P) : tarif réel, prix réel de l'essence, indice des prix à la consommation et du revenu des particuliers (Y). En plus de ces données économiques, on introduit aussi d'autres variables explicatives comme le service (S), c'est-à-dire des données comme le temps de trajet et le temps d'attente... ou de confort (C) comme les écarts de température, la pluie, la neige et la neige accumulée. Puis, on fait appel aussi aux variables d'activité (A) comme les ventes de détail, la présence à l'école, l'exposition canadienne nationale, ainsi que les grèves et le feu de métro ... ce qui nous permet de connaître les raisons pour lesquelles les gens se déplacent. Enfin, on tient compte également dans notre modèle d'autres variables (ETC) comme le nombre de samedis par mois... ou la suppression d'un certain nombre de zones à Toronto...

Le modèle développé plus haut est une formulation générale de chacun des marchés que nous avons analysé dans cette étude. Ainsi,

chaque marché est un sous-groupe où la demande de transport pour les enfants (CHI) peut être exprimée par Y^d_{1t} et la demande pour les écoliers (SCH) est égale à Y^d_{2t}.

III. PROCESSUS D'ESTIMATION

On estime la fonction de demande en supposant une relation linéaire de la forme :

$$Y_t = \beta_o + \beta_i X_{it} + u_t \qquad i = 1,\ldots,n \qquad (2)$$

dans laquelle les erreurs résiduelles sont déterminées par un processus autorégressif de r^e ordre :

$$u_t = \rho_k u_{t-k} + e_t \qquad k = 1,\ldots,r \qquad (3)$$

On s'attend ainsi dans notre modèle à faire face à un problème d'autocorrélation entre les erreurs. En effet, même si le modèle inclut un grand nombre de variables, un certain nombre d'entre elles n'ont pas été étudiées, faute de données. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des jeunes où l'information sur leurs activités est incomplète. Les données se rattachant, par exemple, aux activités parascolaires ou bien durant les périodes de vacances sont en effet inexistantes. On peut donc dire que cette absence de variables d'activité peut introduire une autocorrélation de 1^{er} et de 12^e ordre des termes d'erreurs dans la mesure où la valeur de u est correlée avec ses propres valeurs de la période précédente; de même qu'elle est correlée avec ses propres

valeurs 12 mois plus tôt étant donné le caractère saisonnier d'une telle activité.

Ainsi, en examinant les fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des estimations non biaisées des résidus $\hat{u}_t$ (obtenues à partir de l'équation initiale (2)), on réussit à identifier le processus de r^e ordre associé à ces erreurs résiduelles.

Si on applique les moindres carrés ordinaires sur les erreurs résiduelles des observations initiales (3), on obtient une première estimation des ρ_k. Les valeurs $\hat{\rho}_k$ obtenues sont ensuite introduites dans la fonction de demande calculée à partir de (2) et (3) soit :

$$Y_t - \hat{\rho}_k Y_{t-k} = \beta_o\left(1 - \hat{\rho}_k\right) + \beta_i\left(X_{it} - \hat{\rho}_k X_{it-k}\right) + e_t \qquad \begin{matrix} i = 1,\ldots,n \\ k = 1,\ldots,r \end{matrix} \qquad (4)$$

que l'on peut encore écrire :

$$Y_t^* = \beta_o^* + \beta_1^* X_{it}^* + e_t^* \qquad i = 1,\ldots,n \qquad (5)$$

On obtient ainsi une fonction de demande sur des variables transformées. A partir de cette équation, on utilise les nouvelles erreurs résiduelles, ce qui nous permet de trouver une deuxième estimation des ρ_k puis, ce processus itératif proposé par Cochrane-Orcutt se poursuivra jusqu'à ce que la valeur de l'estimation des ρ_k converge. Dans notre

cas, et pour chacune des équations choisies, on atteindra une convergence de .001 en moins de 15 itérations.

IV. LES DONNEES

On peut spécifier et développer encore davantage les groupes de variables que nous avons identifiées dans l'équation (1).

a) Variables dépendantes

Dans notre étude, nous analysons la demande de transport pour trois marchés particuliers. Ainsi, la demande de transport pour les jeunes en général (CHS) a été calculée à partir de la demande pour les enfants (CHI) et pour les écoliers (SCH). Chacun des deux marchés particuliers (enfants, écoliers) a été estimé à partir des ventes de billets ainsi que du paiement comptant des déplacements.

b) Variables de prix et de revenu

Les variables de prix tiennent compte du coût du transport et du coût de la vie. Dans ce groupe, on classe l'indice des prix à la consommation (CPI) pour Toronto, ce qui nous permet de mesurer l'évolution des prix au cours de la période à partir d'une année de base (1971 = 100); de même, grâce à cet indice, on peut connaître l'importance réelle de certaines variables économiques. Ainsi, l'indice du prix réel de l'essence (RGS) est calculé à partir du prix nominal de l'essence et de l'indice des prix à la consommation

$$RGS = \frac{GAS}{CPI} \times 100$$

On inclut également le tarif réel de transport pour chacun des deux marchés en tenant compte de leurs divers modes de paiement (billets, comptant). On a donc que RCF, RSF, RYF représentent le tarif réel respectivement pour les enfants, les écoliers et les jeunes en général (ou RYF = RCF + RSF) et

$$RCF = \frac{CHF}{CPI} \times 100 \qquad CHF = \% \text{ billets} + \% \text{ comptant}$$

de même

$$RSF = \frac{SCF}{CPI} \times 100 \qquad SCF = \% \text{ billets} + \% \text{ comptant}$$

Enfin, le revenu a été obtenu en calculant le salaire manufacturier réel par semaine (RWW).

c) Variables de confort et de service

Les variables de confort font intervenir les quantités de pluie (RNF) et de neige (SNF) qu'il tombe par jour à Toronto. La neige peut avoir aussi un deuxième effet sous forme de neige accumulée (CSF). Dans ce groupe, on fait appel également à l'écart de température (TMP), c'est-à-dire la différence entre la température désirée (62,5°F) et la température présente au cours de la période. Plus celui-ci est grand, plus l'inconfort l'est aussi.

La qualité du service a été estimée à partir des données con-

cernant le temps d'attente des passagers (WTT), c'est-à-dire une valeur moyenne de la fréquence entre deux autobus soit :

$$WTT = \frac{FRE}{2}$$

Quant au temps de trajet de base, celui-ci a été obtenu à partir d'un trajet représentatif de 5,6 milles pour une vitesse donnée (SPD)

$$BTT = \frac{5,6}{SPD}$$

d) Variables d'activité

On cherche à expliquer, grâce à ces variables, les raisons pour lesquelles les jeunes se déplacent. L'une de leurs principales activités est leur présence à l'école, que l'on obtient par la fréquentation de l'école ainsi que les présences lors des jours de classes. On a que :

$SPE = ESE.SDA$

et $SPH = SSE.SDA$

où ESE = fréquentation de l'école (élémentaire)

SDA = présence lors des jours de classes

SSE = fréquentation de l'école (secondaire)

Ainsi, SPE, SPA et SPS représentent la fréquentation scolaire à l'élé-

mentaire, au secondaire ainsi qu'aux deux niveaux réunis. Parmi d'autres activités, on note aussi les déplacements pour fins d'achats que l'on illustre par les ventes au détail (RRT), de même que les déplacements pour fins de loisirs où l'on calcule le nombre de personnes présentes à la Canadian National Exhibition (EXA). Enfin, on inclut également dans ce groupe, des activités plus sporadiques, comme le feu dans le métro (FIR) ou bien les journées de grève des transports en commun (STK).

e) Variables d'agrégation

Ces diverses variables permettent de faire intervenir le nombre de jours de travail dans le mois (WRK) ou encore de samedis (SAT), dimanches (SUN), jours de fête (HOL), jours fériés (SNH = SUN + HOL) au cours d'un mois.

f) Variables auxiliaires

Il s'agit notamment des variables qui font appel aux doubles comptages qui ont pu se produire lors de la division de la ville en plusieurs zones comme ZRB ou encore ZRD pour la période de 6 et 2 zones respectivement. On cherche de plus à mesurer l'effet de l'adoption du tarif exact (EFC), puis de l'extension de ce tarif aux écoliers en dehors des périodes de classes (SCD).

V. LES RESULTATS

Commentaires généraux sur les résultats

Les tableaux 1, 2 et 3 illustrent les divers marchés de la demande de transport en commun. Le modèle pour les jeunes (CHS) a été composé à partir de celui pour les enfants (CHI) et de celui pour les écoliers (SCH). Pour chacun des marchés, nous avons étudié les coefficients des diverses variables ainsi que les statistiques-t de Student.

a) Taille, signe et signification des coefficients

Les coefficients estimés ont la valeur attendue bien que certains d'entre eux n'aient pas le signe recherché.

Pour le marché des jeunes, les ventes de détail ont une valeur négative, tandis que l'on s'attendait à un signe positif. Il en va de même pour le feu du métro où le signe est positif. Ces deux variables sont toutefois peu significatives si on se réfère aux t-statistiques*.

Les résultats pour le marché des enfants démontrent que trois variables n'ont pas le signe attendu; tel est le cas du temps d'attente et dont le signe est positif, ce qui implique que d'après ces résultats une augmentation du temps d'attente incite les enfants à utiliser le transport

---

*voir annexe.

en commun. Il s'agit également du feu de métro - de signe positif - et là encore, d'après ces résultats, le feu incite les enfants à utiliser les transports en commun. Ces variables sont également peu significatives dans l'explication de la demande de transport. Enfin, on note la présence des enfants à l'école. Cette variable est de signe négatif, c'est-à-dire que la présence des enfants à l'école n'encourage pas les enfants à utiliser les transports en commun. On s'attendait en effet à ce que le coefficient ait une valeur positive comme sur les deux autres marchés (celui des écoliers et des jeunes en général); pourtant toutes les variables ont le même degré de signification.

Deux variables n'ont pas le signe attendu chez les écoliers. Il s'agit du temps de trajet dont le signe positif explique que les écoliers utilisent davantage le service de transport en commun si le temps de trajet augmente. Il en est de même avec les ventes de détail dont le signe négatif explique que les jeunes utilisent moins souvent le transport en commun lorsque les ventes augmentent. Toutefois, ces variables ont peu de signification dans l'explication du modèle.

b) Le R^2 et le R^2 intuitif

Pour les divers marchés, le R^2 intuitif* diffère du R^2 dans la mesure où ce dernier établit un rapport entre les erreurs estimées de chaque équation $\hat{e}_i$ et les valeurs transformées de la variable dépendante,

*voir annexe.

tandis que le R^2 intuitif relie les erreurs estimées aux valeurs non transformées, ce qui est de ce fait une valeur plus précise des erreurs du modèle. Dans notre cas, pour chacun des modèles, le R^2 intuitif est supérieur au R^2.

c) La multicolinéarité

La multicolinéarité ou le degré de corrélation entre deux ou plusieurs variables est difficile à déterminer en raison du grand nombre de variables (22 ou 23) et d'observations (284) que contient ce modèle. Dans notre cas, parmi les quelque 300 paires de régresseurs que nous avons calculés, on note que chez les écoliers 7 paires ont des coefficients supérieurs à .50 dont quatre sont compris entre .60 et .70. Chez les enfants, on compte 6 paires de régresseurs dont le coefficient est supérieur à .50 (mais un seul est supérieur à .70). Pour les jeunes en général, 7 paires de coefficients sont supérieurs à .50 (dont un seul dépasse .70).

Tableau 1

Coefficients estimés et t-Statistique
pour le marché des jeunes (CHS)

Variables			Coefficients	Student	Intervalle de confiance : 95% ** 99% *
P :	tarif réel des jeunes	RYF	-182,766.	-6.63	
	prix réel de l'essence	RGS	7,723.	1.96	*
	indice des prix à la cons.	CPI	-4,879.	-1.09	**
Y :	revenu réel hebdomadaire	RWW	8,069.	.987	**
S :	temps d'attente	WTT	-227,193.	-1.10	**
	temps de trajet	BTT	-10,018.	-1.74	**
C :	écart de température	TMP	13,643.	2.08	*
	pluie	RNF	1,791.	1.13	**
	neige	SNF	1,337.	.257	**
	neige accumulée	CSF	-565.	-.585	**
A :	ventes de détail	RRT	-.8817	-.708	**
	présence à l'école (jeunes)	SPS	1.5572	5.71	
	exposition canadienne nationale	EXA	.1329	2.86	
	grèves	STK	-128,414.	-9.80	
	feu de métro	FIR	4,064.	.023	**
Agr :	jours de trav./mois	WRK	93,158.	2.42	*
	samedis/mois	SAT	77,006.	1.63	**
	dimanches/mois	SUN	70,541.	1.41	**
	jours fériés/mois	HOL	72,644.	1.51	**
Aux :	période de 6 zones	ZRB	235,834.	.839	**
	période de 2 zones	ZRD	10,867.	.044	**
	tarif exact	EFC	1,533,376.	9.44	
	extension de EFC aux écoliers	SCD	1,528,783.	6.11	
	constante	CST	1,205,734.	.423	**
	autocorrelation	ρ_1	.2704	5.64	
		ρ_2	.1291	2.71	
		ρ_{12}	.5358	13.2	
	R^2		.6728		
	R^2 intuitif		.9710		

Tableau 2

Coefficients estimés et t-Statistiques
pour le marché des enfants (CHI)

	Variables		Coefficients	Student	Intervalle de confiance : 95% ** 99% *
P :	tarif réel des enfants	RCF	-76,820.	-4.49	
	prix réel de l'essence	RGS	945.	.552	**
	indice des prix à la cons.	CPI	-775.	-.269	**
Y :	revenu réel hebdomadaire	RWW	-4,423.	-.942	**
S :	temps d'attente	WTT	57,576.	.672	**
	temps de trajet	BTT	-11,092.	-.333	**
C :	écart de température	TMP	-3,420.	-1.87	**
	pluie	RNF	210.	.359	**
	neige	SNF	-1,857.	1.08	**
	neige accumulée	CSF	292.	1.11	**
A :	ventes de détail	RRT	.8578	2.19	*
	présence de l'école (enfants)	SPE	-.2023	-2.28	*
	exposition canadienne nationale	EXA	.0277	2.45	*
	grèves	STK	-47,201.	-8.97	
	feu de métro	FIR	40,414.	.654	**
Agr :	jours de travail/mois	WRK	45,068.	6.02	
	samedis/mois	SAT	39,004.	3.07	
	dimanches et jours fériés/mois	SNH	8,339.	.810	**
Aux :	période de 6 zones	ZRB	203,316.	1.42	**
	période de 2 zones	ZRD	1,360.	.012	**
	tarif exact	EFC	259,169.	2.54	*
	extension de EFC aux écoliers	SCD	102,770.	.877	**
	constante	CST	928,747.	.689	**
	autocorrélation	ρ_1	.5535	11.6	
		ρ_3	.2782	5.57	
		ρ_{12}	.1146	2.96	
	R^2		.4673		
	R^2 intuitif		.7801		

Tableau 3

Coefficients estimés et t-Statistiques
pour le marché des écoliers (SCH)

	Variables		Coefficients	Student	Intervalle de confiance: 95% ** 99% *
P :	tarif réel des écoliers	RSF	-100,973.	-5.15	
	prix réel de l'essence	RGS	7,513.	2.48	*
	indice des prix à la consommation	CPI	-2,258.	-.830	**
Y :	revenu réel hebdomad.	RWW	13,526.	2.42	*
S :	temps d'attente	WTT	-157,893.	-.980	**
	temps de trajet	BTT	11,045.	.262	**
C :	écart de température	TMP	16,512.	2.63	
	pluie	RNF	1,231.	.940	**
	neige	SNF	-464.	-.102	**
	neige accumulée	CSF	-936.	-1.00	**
A :	ventes de détail	RRT	-.4482	-.402	**
	présence à l'école (écoliers)	SPH	5.6718	4.52	
	exposition canadienne nationale	EXA	.0679	1.42	**
	grèves	STK	-78,074.	-7.22	
	feu de métro	FIR	-61,074.	-.425	**
Agr :	jours de travail/mois	WRK	63,239.	1.72	**
	samedis/mois	SAT	55,633.	1.28	**
	dimanches/mois	SUN	43,966.	.968	**
	jours fériés/mois	HOL	36,334.	.768	**
Aux :	période de 6 zones	ZRB	127,110.	.569	**
	période de 2 zones	ZRD	121,479.	.609	**
	tarif exact	EFC	1,300,437.	10.6	
	extension de EFC aux écoliers	SCD	1,471,862.	7.24	
	constante	CST	-1,881,318.	-.866	
	autocorrélation	ρ_1	.2373	5.80	
		ρ_{12}	.6493	16.2	
	R^2		.7189		
	R^2 intuitif		.9755		

Remarques sur les classes de variables

Les tableaux reproduits ci-dessous donnent l'élasticité* pour chacun des marchés étudiés et pour chaque groupe de variables.

a) Variables de prix et de revenu

Les résultats obtenus montrent que l'élasticité est - pour toutes les variables - beaucoup plus élevée pour les écoliers que pour les enfants. De plus, ces deux modèles (écoliers, enfants) réagissent de façon identique pour la majorité des variables et seul le revenu hebdomadaire réel est différent pour les enfants et les écoliers.

Tableau 4

Elasticité des variables de prix et de revenu

Variables	Jeunes	Enfants	Ecoliers
Tarif réel	-.885	-.620	-.901
Prix réel de l'essence	.396	.121	.642
Indice des prix à la consomm.	-.193	-.076	-.169
Revenu réel hebdomadaire	.393	-.538	1.098

Les parents sont plus sensibles au tarif payé par leurs enfants à l'âge scolaire qu'ils ne le sont à celui payé par leurs enfants en bas âge. Nous pouvons expliquer ceci par le fait que les écoliers voyagent

*Voir annexe.

plus souvent que les enfants et dépensent donc davantage que ces derniers. L'indice du prix réel de l'essence (beaucoup plus élevé chez les écoliers que chez les enfants) peut être expliqué de la même façon. L'indice des prix à la consommation, de signe négatif pour chaque modèle, dénote que l'effet de revenu surpasse l'effet de substitution et donc que le transport en commun n'est pas un substitut pour les autres biens. Quant au revenu, le signe est positif pour les jeunes et les écoliers et démontre que le transport en commun est un bien normal ou supérieur. Par contre, cette variable est négative sur le marché des enfants et suggère que le transport est un bien inférieur pour ce marché.

On remarque également que les variables pour les jeunes et les écoliers évoluent dans le même sens.

b) Variables de service

Pour chacun des modèles, le temps d'attente est plus contraignant que le temps de trajet.

Tableau 5

Elasticité des variables de service

Variables	Jeunes	Enfants	Ecoliers
Temps d'attente	-.457	.289	-.590
Temps de trajet	-.096	-.266	.177

On s'aperçoit d'après le tableau que chacune des variables n'a pas le signe attendu sur un des marchés. Il s'agit du temps d'attente pour les enfants et du temps de trajet chez les écoliers qui sont de signe positif alors que l'on s'attendait à une valeur négative.

Si on compare les tableaux 4 et 5, on note que les jeunes sont plus sensibles aux prix qu'ils ne le sont au niveau des services.

c) Variables de confort

Les variables de confort ont été en partie incorporées aux variables d'activité dans la mesure où celles-ci sont déterminées par la température, la pluie ... Les variables de confort auxquelles nous nous référons reflètent essentiellement le changement dans la répartition modale et non une variation dans le niveau des activités.

Tableau 6

Elasticité des variables de confort

Variables	Jeunes	Enfants	Ecoliers
Ecart de température	.053	-.033	.107
Pluie	.012	.003	.014
Neige	.002	.007	-.001
Neige accumulée	-.007	.009	-.020

Tout comme on peut le constater pour le cas du prix et du revenu (tableau 4), les diverses variables de confort ont une plus grande influence

chez les écoliers que chez les enfants à l'exception toutefois de la neige. Les deux marchés (écoliers, enfants) réagissent de façon différente aux variables de confort, seule la pluie exerce la même influence pour chacun des modèles (où les élasticités sont toutes de signe positif).

d) Variables d'activité

Tableau 7

Elasticité des variables d'activité

Variables	Jeunes	Enfants	Ecoliers
Ventes de détail	-.024	.058	-.020
Présence à l'école	.182	-.044	.266
Exposition canadienne	.013	.007	.011
Grèves	-.004	-.004	-.004
Feu de métro	.0002	.0002	-.0002

On s'attend à ce que les trois premières variables (ventes de détail, présence à l'école, exposition canadienne) soient de signe positif, et que les deux dernières aient un signe négatif. Le modèle sur les écoliers est celui qui obtient le plus grand nombre d'élasticités de signe attendu.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que la demande de transport que nous avons évaluée mène à des résultats satisfaisants. En effet, les coefficients obtenus ont la valeur attendue. Tous les coefficients dont le signe recherché n'a pas été obtenu sont peu significatifs dans l'explication de la demande de transport (à l'exception néanmoins de la présence des enfants à l'école). De plus, la plupart des variables ont l'élasticité à laquelle nous nous attendions; ainsi, les écoliers sont plus sensibles en général aux diverses variables que ne le sont les enfants. De même, le temps d'attente a une plus forte influence que le temps de trajet; ou encore, le degré de sensibilité est plus élevé aux variables de prix qu'aux variables de service. On peut donc juger, grâce à ce modèle, de l'importance relative des diverses variables dans la demande de transport en commun pour les enfants et les écoliers à Toronto.

Enfin, selon notre modèle, chacun des marchés est affecté par des groupes particuliers de variables. Ainsi, les variables qui expliquent la demande de transport chez les écoliers sont reliées principalement aux coûts du transport (RSF, RGS, EFC, SCD) et le revenu (RWW). On connaît également d'autres variables qui affectent ce marché telles que les activités (SPH, STK) et le confort (TMP). Par contre, chez les enfants les variables qui expliquent principalement la demande

sont liées aux activités (RRT, SPE, EXA, STK). D'autres variables, comme celles d'agrégation (WRX, SAT) ou de tarif (RCF) expliquent aussi le modèle. Les particularités relevées sur chacun de ces marchés se reflètent sur le marché des jeunes en général.

ANNEXES

Pour chaque modèle, nous avons calculé les statistiques-t de Student t^*

où $$t^* = \frac{\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma}\left(\hat{\beta}_i\right)}$$

En émettant l'hypothèse que $\beta_i = 0$, on cherche à vérifier si celle-ci est vraie pour un intervalle de confiance de 99% (*) et de 95% (**): voir les tableaux 1, 2 et 3. Si la valeur t^* trouvée est comprise dans cet intervalle, on accepte l'hypothèse que $\hat{\beta}_i$ n'est pas significatif. On observe sur le marché des jeunes que 14 variables (sur 23) ne sont pas significatives à 95 %. Pour les enfants, on note que 14 variables (sur 26) sont peu significatives, tandis que chez les écoliers, 15 variables (sur 23) sont peu significatives. Avec un intervalle de 99%, deux à trois variables supplémentaires perdent leur signification.

$$R_i^2 = 1 - \frac{\hat{e}_i' \hat{e}_i}{\left(y_i^* - \bar{y}_i^*\right)' \left(y_i^* - \bar{y}_i^*\right)}$$

$$R_i^2 \text{ intuitif} = 1 - \frac{\hat{e}_i' \hat{e}_i}{\left(y_i - \bar{y}_i\right)' \left(y_i - \bar{y}_i\right)}$$

On définit l'élasticité par :

$$\eta_p = \frac{\frac{\partial y}{y}}{\frac{\partial x}{x}}$$

L'élasticité est le degré de sensibilité des variations de la quantité demandée suite à une variation dans la variable prix ou revenu. Si la quantité demandée augmente de plus de 1 % suite à une baisse de 1 % dans le prix, la demande est élastique. De même, si la quantité demandée augmente de moins de 1 % lorsque le prix baisse de 1 %, la demande est inélastique.

BIBLIOGRAPHIE

Domencich, T.A., G. Kraft, J.P. Valette, "An Estimation of Urban Passenger Travel Behavior: An Economic Demand Model", Highway Research Record 238, Washington 1968, pp. 64-78.

Gaudry, M., "Seemingly Unrelated Static and Dynamic Urban Travel Demands", Transportation Research n° 61, 1977, 30 p.

Johnston, J., Econometric Methods, 2d Edition, Mc Graw-Hill, New York 1972, 437 p.

Koutsoyiannis, A., Theory of Econometrics, 2d Edition, MacMillan, London 1977, 681 p.

Ruiter, E., "Analytical Structures, Report". In Brand, D. & Manheim, M., (Editors) of Urban Travel Demand Forecasting, Highway Research Board. Special Report 143, Washington 1973.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos remerciements à M. Marc Gaudry qui a consenti à diriger ce rapport de recherche. Nous avons beaucoup apprécié ses conseils et commentaires judicieux sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Nos sincères remerciements vont aussi à M. Liem Tran Cong et Paul André Robert pour leur aide et leur assistance technique ainsi qu'à M. Léonard Dudley qui a bien voulu agir en qualité de second lecteur.